



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF A MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

PŘEHLED PRŮMYSLOVÝCH OLEJŮ

AN OVERVIEW OF INDUSTRIAL OILS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

DUŠAN ONDROUCH

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PETR ŠPERKA, Ph.D.

BRNO 2015

ZADÁNÍ ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student(ka): Dušan Ondrouch

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Základy strojního inženýrství (2341R006)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Přehled průmyslových olejů

v anglickém jazyce:

An overview of industrial oils

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce je podat přehled používaných olejů pro účely mazání v průmyslových aplikacích a porovnat jejich základní vlastnosti.

Cíle bakalářské práce:

Bakalářská práce musí obsahovat: (odpovídá názvům jednotlivých kapitol v práci)

1. Úvod
2. Analýza problému a cíl práce
3. Přehled současného stavu poznání
4. Diskuze
5. Závěr
6. Seznam použitých zdrojů

Forma práce: průvodní zpráva, digitální data

Typ práce: teoretická; Účel práce: výzkum a vývoj

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 - 20 stran textu bez obrázků).

Zásady pro vypracování práce:

http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2015.pdf

Šablona práce: http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/UK_sablona_praci.zip

Seznam odborné literatury:

MORTIER, R., FOX, M. a ORSZULIK, S. Chemistry and technology of lubricants. 3rd ed. New York: Springer, 2010, xiv, 560 p. ISBN 9781402086625.

VESELÝ, V., ŠTĚPINA, V. Maziva a speciální oleje: (základy tribotechniky). Bratislava: Veda, 1980. 688

ABSTRAKT

V úvodu práce je popsána výroba základových olejů a jejich členění. V další části práce jsou popsány základní vlastnosti, podle kterých se dají oleje posuzovat. Stručně je zmíněn výčet nejčastějších aditiv, která upravují vlastnosti základových olejů. Poslední část popisuje průmyslové aplikace a nároky, které tyto aplikace na oleje vytvářejí.

Klíčová slova: základový olej, vlastnosti olejů, aditiva, průmyslové aplikace

ABSTRACT

Methods of production of base oils and their branching are described in the introduction of the thesis. Essential properties, which are the prime aspect of diversification of particular oils, are described in the following part. Commonly used additives, which adjust properties of base oils, are outlined thereafter. The last part of the thesis deals with industrial applications and requirements, which are set for particular application.

Key words: base oil, properties oils, additives, industrial applications

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP DLE ČSN ISO 690

ONDROUCH, D. *Přehled průmyslových olejů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 41 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Šperka, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci *Přehled průmyslových olejů*, vypracoval a napsal samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce Ing. Petra Šperky, Ph.D. a uvedl v seznamu všechny zdroje.

Dušan Ondrouch

V Brně dne 20. května 2015

PODĚKOVÁNÍ

PODĚKOVÁNÍ

Velice rád bych touto cestou poděkoval Ing. Petru Šperkovi, Ph.D. za trpělivost, která byla přímo nekonečnou, dále za pomoc a rady při vypracování. Samozřejmě bych rád poděkoval hlavně rodině a dále také Markovi, Ondrovi, Lence a mnohým dalším, kteří mě při studiu finančně, vědomostně a psychicky podporovali.

OBSAH

ÚVOD	15
1 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE	16
2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	17
2.1 Minerální základové oleje	17
2.1.1 Rafinát	17
2.1.2 Kvalita základového oleje	19
2.2 Syntetické oleje PAO	19
2.3 Syntetické oleje	19
2.4 Vlastnosti olejů	20
2.4.1 Viskozita	20
2.4.2 Tepelná vodivost (schopnost chlazení)	23
2.4.3 Kritéria vymezující teplotní oblasti použití maziv	23
2.4.4 Životnost maziv	24
2.4.5 Stlačitelnost	25
2.4.6 Pěnivost	25
2.4.7 Teplotní stálost	25
2.4.8 Mazivost (mazací účinek) potažmo únosnost mazacího filmu	25
2.4.9 Povrchové napětí a tvorba emulzí	26
2.4.10 Další vlastnosti	26
2.5 Aditiva	26
2.5.1 Aditiva s povrchovým účinkem	26
2.5.2 Aditiva chránící olej	27
2.5.3 Aditiva zlepšující olej	27
2.6 Oleje pro obrábění a tváření kovů	28
2.6.1 Oleje pro třískové obrábění	28
2.6.2 Maziva pro tváření	28
2.7 Speciální oleje	29
2.7.1 Elektroizolační oleje	29
2.7.2 Oleje kalící a popouštěcí	29
2.7.3 Konzervační oleje	29
2.7.4 Jiné speciální oleje	29
2.8 Oleje ložiskové (strojní)	30
2.8.1 Oleje vřetenové	30
2.8.2 Oleje pro elektromotory	30
2.8.3 Oleje pro kluzná vedení	30
2.8.4 Oleje pro ložiska válcovacích stolic	30
2.9 Převodové oleje	31
2.9.1 Převodové oleje automobilové, letecké, průmyslové	31
2.9.2 Další převodové oleje	31
2.10 Hydraulické oleje	32
2.10.1 Oleje pro hydrostatické převody	32
2.10.2 Oleje pro hydrodynamické převody	32
2.11 Motorové oleje	33
2.11.1 Oleje pro čtyřdobé spalovací motory	33
2.11.2 Oleje pro dvoudobé benzínové motory	33
2.11.3 Oleje pro naftové lodní a drážní motory	33

2.12	Letecké oleje	34
2.12.1	Oleje pro letecké pístové motory	34
2.12.2	Oleje pro proudové motory	34
2.13	Kompresorové oleje	34
2.13.1	Oleje pro plynové a vzduchové kompresory	34
2.13.2	Oleje pro chladicí kompresory	34
2.13.3	Vývěvové oleje	35
2.14	Turbínové oleje	35
3	DISKUZE	36
4	ZÁVĚR	37
5	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	38
6	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	39
7	SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	40
8	SEZNAM TABULEK	41

ÚVOD

Snaha snížit tření mezi dvěma navzájem pohybujícími se tělesy je stará jako lidstvo samo. Touto problematikou se zabývá tribologie z řeckého τριβω – třít. Je všeobecně známo, že ke snížení tření slouží maziva. Ty mohou být nejen pevná nebo kapalná, ale i plynná. Cílem této práce je podat komplexní přehled kapalných maziv, takzvaných olejů a jejich užití ve strojírenství.

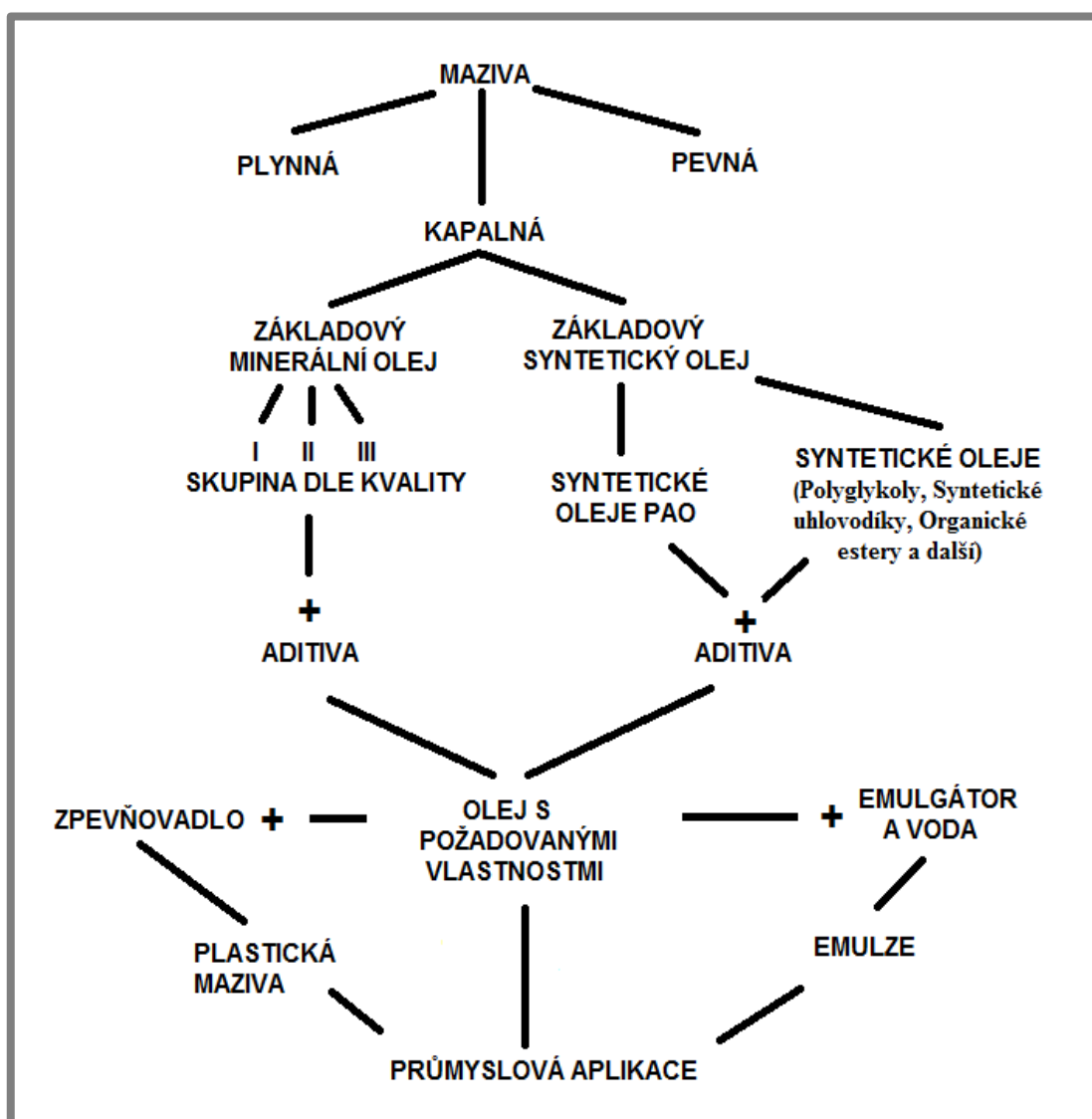
Začátek práce bude věnován způsobům výroby a druhům základových olejů. Ty však ne vždy dosahují požadovaných vlastností a proto se musí mísit s aditivy. Budou uvedeny nejčastější příměsi a zmíněny jejich základní funkce. Pro snadnější pochopení rozdílů ve vlastnostech olejů tato práce popíše i základní parametry tekutých maziv (viskozitu, viskozitní index (VI), ...). Tento úvod umožní posouzení jednotlivých olejů, které se někdy méně a někdy zásadně liší nejen v jednotlivých průmyslových odvětvích, ale i v aplikacích sobě navzájem podobných.

Hlavní důraz bude kladen na oleje minerální a syntetické. Pouze okrajově se tato práce dotkne kapalných maziv reprezentovaných oleji biologickými, emulzí tvořených olejem a vodou, případně olejů zahuštěných mýdly až do podoby plastického maziva. Tyto skupiny však tvoří nedílnou součást kapalných maziv a mají nemalý podíl na trhu, kvůli vhodnosti pro jednotlivé aplikace a biologické odbouratelnosti.

1 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

Oleje jsou v podstatě vždy tvořeny olejem základovým a nějakým aditivem, které upravuje určité vlastnosti základového oleje do požadované podoby. Někdy danou vlastnost aditivum přímo vytváří.

Cílem této práce je podat základní informace o druzích základových olejů, dále o aditivech a vlastnostech olejů, podle kterých je možné je přidělovat jednotlivým průmyslovým aplikacím. Následně průmyslové aplikace vypsát a popsat jejich nároky na oleje.



Obr. 1 Tvorba průmyslového oleje

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

2

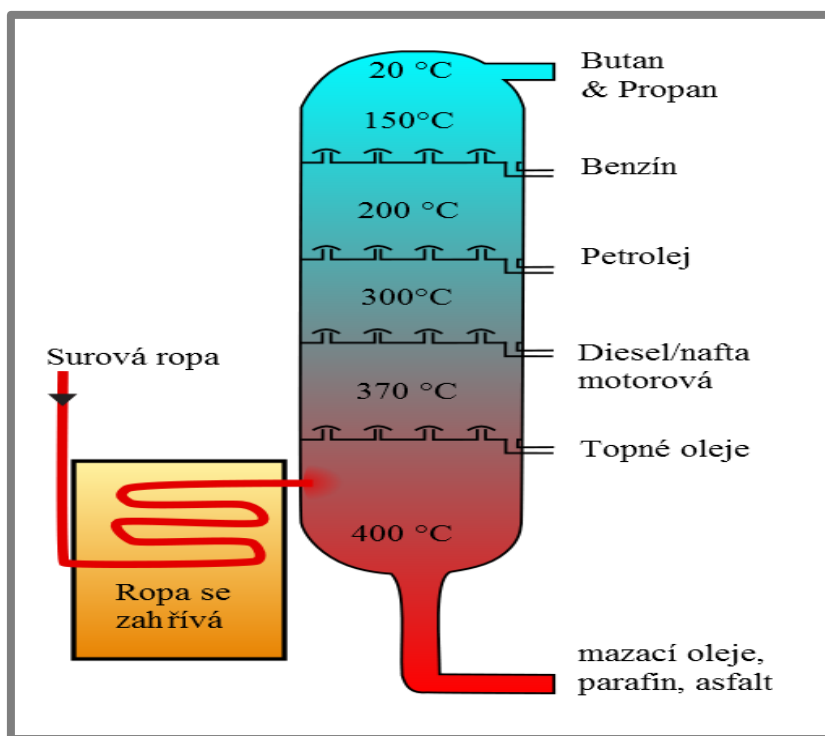
2.1 Minerální základové oleje

2.1

2.1.1 Rafinát

2.1.1

Rafinace ropy je nejdéle známou metodou jak získat základový olej z ropy. Tento proces rozděluje jednotlivé složky (frakce) podle délky řetězců uhlovodíků. Pokud je řetězec kratší než pět atomů uhlíku, uhlovodík existuje v plynném stavu a je těžen ve formě zemního plynu [2, 9].



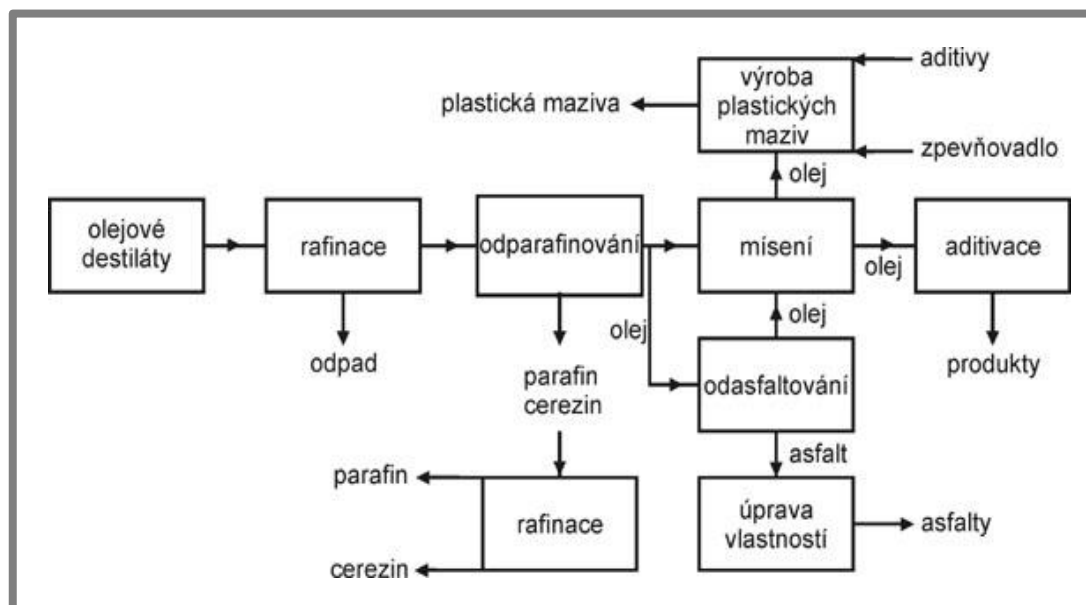
Obr. 2 Rafinace ropy [7]

Frakce	Délka řetězce
Zemní plyn	C ₁ - C ₄
Benzín	C ₅ - C ₁₂
Nafta, lehký topný olej	C ₁₀ - C ₂₀
Mazací olej	C ₂₀ - C ₃₅
Těžké topné oleje	C ₃₅ - C ₈₀
Asfalt	C ₈₀ a výše
Umělé hmoty	C ₁₀₀ výše

Tab. 1 Délka řetězců jednotlivých frakcí [2]

Průběh rafinace:

- a) Destilace** – v tomto kroku je získán benzín, nafta a lehký topný olej. Ropa se při atmosférickém tlaku zahřeje a jednotlivé frakce se odpařují v závislosti na bodu varu.
- b) Vakuová destilace** – mazací oleje různé viskozity, topné oleje a při dalším zpracování asfalt, mazut a plasty.



Obr. 3 Zpracování olejového destilátu na různé mazací prostředky [6]

c) Rafinace (zušlechťování) – nejdůležitější krok ve výrobě základových olejů. Nejstarší způsob a stále i nejpoužívanější je *extrakce* produktů destilace a vakuové destilace *vhodným rozpouštědlem*. To odstraňuje většinu látek, které jsou v základových olejích nežádoucí. Jedná se především o pryskyřičnaté látky, které obsahují dusík a síru. Modernějším a stále používanějším způsobem rafinace je *hydrokrakování*. Tak se dosahuje vyšší kvality získaných základových olejů. Probíhá při teplotě nejméně 400 °C a při vysokém tlaku vodíku. Takto dochází k přeargamentaci molekul a díky přítomnosti vodíku k odstranění většiny dusíkatých a siřných látek.

d) Odparafinování – konečná úprava základového oleje. Velké množství parafinů způsobuje to, že je olej za běžných teplot téměř tuhý. Proces odparafinování se v dnešní době provádí nejčastěji dvěma způsoby. Tradiční postup se nazývá „*rozpouštědlové odparafinování*“. Do oleje se přidá rozpouštědlo, následně je podchlazen a ztuhlé parafíny z oleje odfiltrovány. Vedlejším produktem je tuhý parafin používaný v obalové technice. Modernějším postupem je *hydroizomerace*. Ta je velmi podobná hydrokrakovacímu procesu a je při ní dosahováno velmi vysoké kvality základových olejů.

e) Dorafinace – závěrečný stupeň výroby. Jde o odstranění zbytkových nečistot a zlepšení barvy oleje. Dá se provádět několika způsoby, z nichž nejběžnějším je použití *aktivní hlinky*. Ta je rozmíchána v horkém oleji a následně se zbytky nečistot odfiltrována. Dalšími způsoby jsou *hydrogenace* nebo užití *extrakčního činidla* [2, 9].

2.1.2 Kvalita základového oleje

Kvalita základových minerálních olejů je určována několika kritérii (tab. 2). Oleje se podle nich dělí do tří skupin (skupiny IV a V jsou oleje syntetické).

Skupina	Nasycené uhlov. (% hm.)	Síra (% hm.)	Viskozitní index	Typ oleje
I	pod 90	nad 0,03	80 - 120	rozpouštědlové rafináty
II	nad 90	pod 0,03	80 - 120	hydrokrakové oleje
III	nad 90	pod 0,03	nad 120	hydrokrakové oleje
IV	Polyalfaolefiny - PAO			
V	Ostatní syntetické oleje (estery, polyetery, polyglykoly a další)			

Tab. 2 Rozdělení základových olejů do skupin dle kvality [3]

Ve skupině I jsou oleje získané extrakčním činidlem. Tímto způsobem není možné dokonale odstranit veškeré nežádoucí látky. Proto obsah síry v těchto olejích je mezi 0,1–0,6 % hmotnosti. Obsah nasycených uhlovodíků mezi 65–85 % hmotnosti a viskozitní index se pohybuje v rozmezí 80–120.

Do skupiny II a III spadají oleje získané hydrokrakováním. Viskozitní index III skupiny dosahuje hodnot i přes 130 a obsah nasycených uhlovodíků se dá považovat téměř za 100 %. Čistota těchto olejů je tím pádem velice vysoká a jsou označovány jako VHVI oleje (z angl. Very High Viscosity Index) [3, 9].

2.2 Syntetické oleje PAO

PAO (Poly-alfa-Olefin) je označen jako skupina IV. Od skupiny V se odděluje kvůli vlastnostem a především proto, že tvoří většinu produkce syntetických olejů. Tento olej je vyráběn následujícím postupem:

a) Krakování – molekuly benzínu ($C_5 - C_{12}$) – (tab. 1) jsou rozštěpeny (krakovány) na krátké řetězce molekul plynů (Eten C_2H_4 nebo Buten C_4H_8). Tyto molekuly plynů jsou základní stavební uhlovodíky pro syntézu.

b) Syntéza – chemické sloučení molekul plynů má za následek vytvoření molekul Poly-alfa-Olefinu (PAO) / Poly-iso-Butenu (PIB).

c) Vakuová destilace – jde o postup, který byl již zmiňován a jeho cílem je oddělit jednotlivé produkty syntézy (oleje) podle délek řetězců (to velice úzce souvisí s viskozitou).

d) Hydrogenace (pouze PAO) – na určitá místa v řetězcích se navážou atomy vodíku. Tím jsou zlepšeny výsledné vlastnosti oleje [2, 9].

2.3 Syntetické oleje

Skupina V v tab. 2 je skupinou syntetických olejů. Těch je celá řada, jejich výroba spočívá ve slučování chemických látek, které mají jen malý počet molekul, do komplexních rozsáhlých řetězců. Tyto vysokomolekulární látky mají mazací

schopnosti přímo tvořené pro danou aplikaci. To je hlavní rozdíl mezi syntetickými a minerálními oleji. V praxi je možné tvořit syntetické oleje s vlastnostmi „na míru“ a standardizovat kvalitu jejich výroby [2, 4]. Kapaliny na syntetické bázi je možno klasifikovat následujícím způsobem:

Syntetické uhlovodíky

- polyalfaolefiny
- cykloalkany
- alkylaromáty
- polybuteny

Organické estery

- diestery
- polyolestery

Polyglykoly

- polyetylénglykoly
- polypropylén
- glykoly

Estery kyseliny fosforečné

- triarylfosfáty
- trialkylfosfáty
- alkylarylfosfáty

Ostatní

- silikáty
- silikony
- fluorované uhlovodíky [2]

2.4 Vlastnosti olejů

Členění olejů je zapotřebí především kvůli různorodosti požadavků průmyslových aplikací. Pro možnost rozdělení musí existovat alespoň určitý počet parametrů, dle kterých můžeme oleje posuzovat.

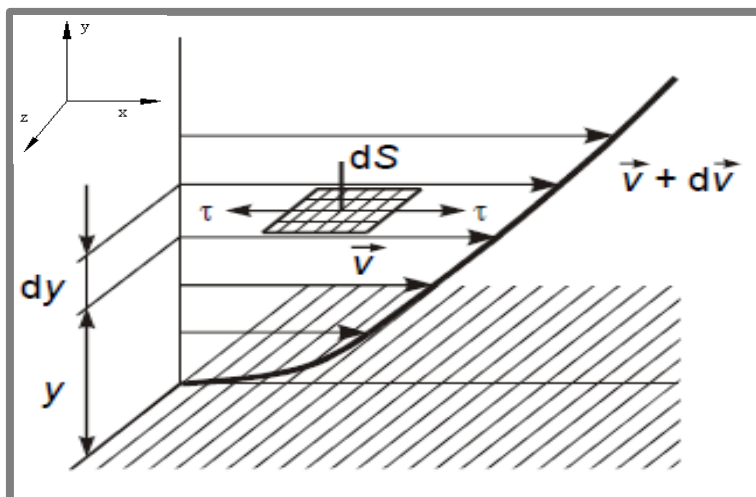
2.4.1 Viskozita

Viskozita (vazkost) je jednou z nejdůležitějších vlastností. Určuje řadu věcí u kapalných maziv. Například: tvorbu tekutinového tření (mazání), únosnost mazacího filmu, tepelnou vodivost, čerpatelnost maziv, schopnost těsnit, velikost odporů při rozběhu pohyblivých částí strojů aj. *Viskozita je mírou vnitřního tření v tekutině (odpor proti vzájemnému posunu molekul tekutiny)* [1, 10].

Výpočet viskozity

Pohled na věc podle Newtonova zákona o tření je takový, že pro pohyb tekutiny s laminárním tokem platí, že smykové napětí τ na rovině paralelní s laminárním tokem je přímo úměrné gradientu rychlosti dv/dz , čili smykovému spádu D [1, 9, 10, 11].

$$\tau = \eta \frac{dv}{dz} = \eta D \text{ [Pa]}$$



Obr. 4 Rychlostní gradient [11]

Kde	τ	– je smykové napětí jednotky plochy v rovině x, z [Pa]
	v	– rychlost ve směru x [m.s^{-1}]
	y	– vzdálenost od rovnoběžné roviny x, z [m]
	$dv/dy = D$	– rychlostní gradient nebo smykový spád [s^{-1}]
	η	– dynamická viskozita nebo prostě viskozita, tj. koeficient vnitřního tření tekutiny [Pa.s, resp. $\text{kg.s}^{-1}.\text{m}^{-1}$]

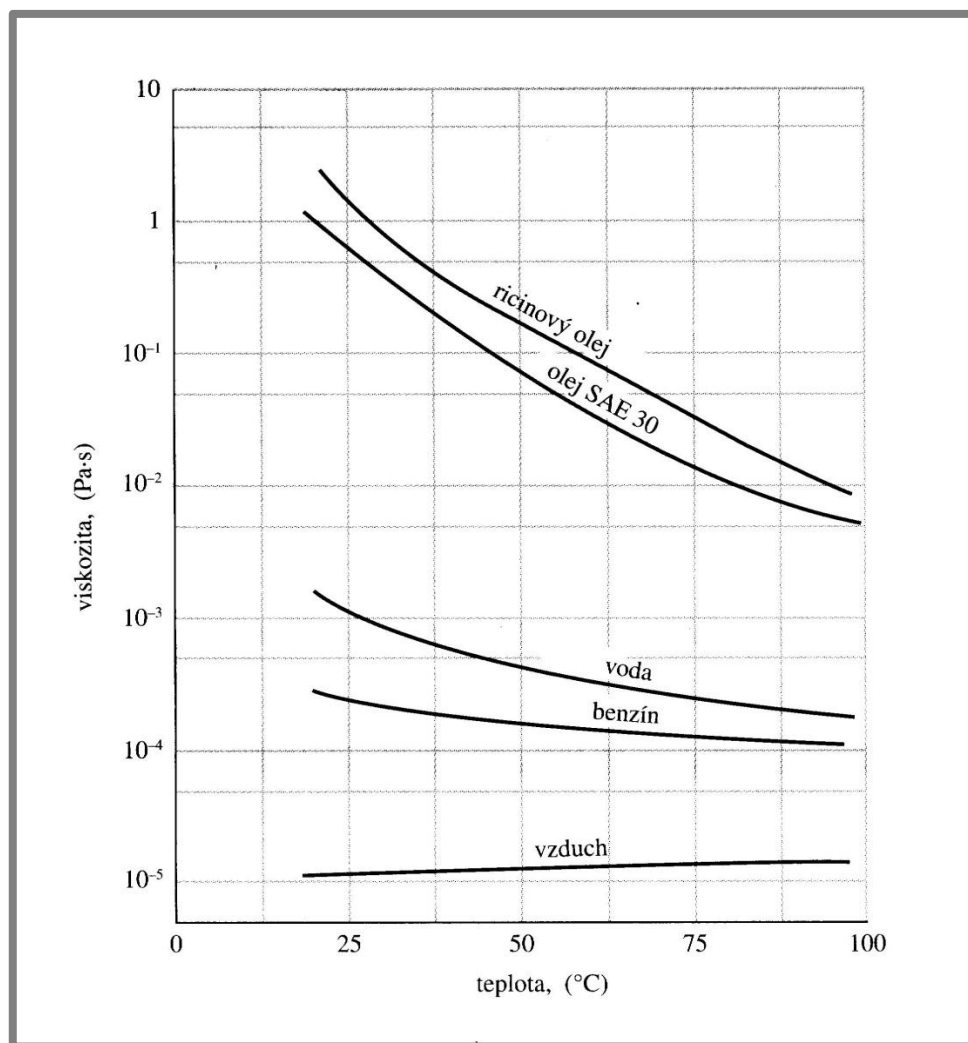
Při zjišťování viskozity se ale používá spíše kinematická viskozita, která je ve vztahu s dynamickou pomocí rovnice [1, 9, 10].

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad [\text{m}^2.\text{s}^{-1}]$$

Kde	ρ	– je hustota [kg.m^{-3}]
	η	– dynamická viskozita [Pa.s, resp. $\text{kg.s}^{-1}.\text{m}^{-1}$]
	ν	– kinematická viskozita [$\text{m}^2.\text{s}^{-1}$]

Změna viskozity s teplotou a VI

U olejů s rostoucí teplotou dynamická i kinematická viskozita klesá. Pro technickou praxi je třeba číselně zkonkretizovat tuto závislost. K tomu slouží viskozitní index (VI). VI je číslo vyjadřující změnu viskozity v závislosti na změně teploty. Čím vyšší je VI, tím menší je závislost na teplotě. Pro výpočet viskozitního indexu se berou v úvahu viskozity oleje při 40 °C a 100 °C, které výrobci běžně u olejů uvádí [1, 12].



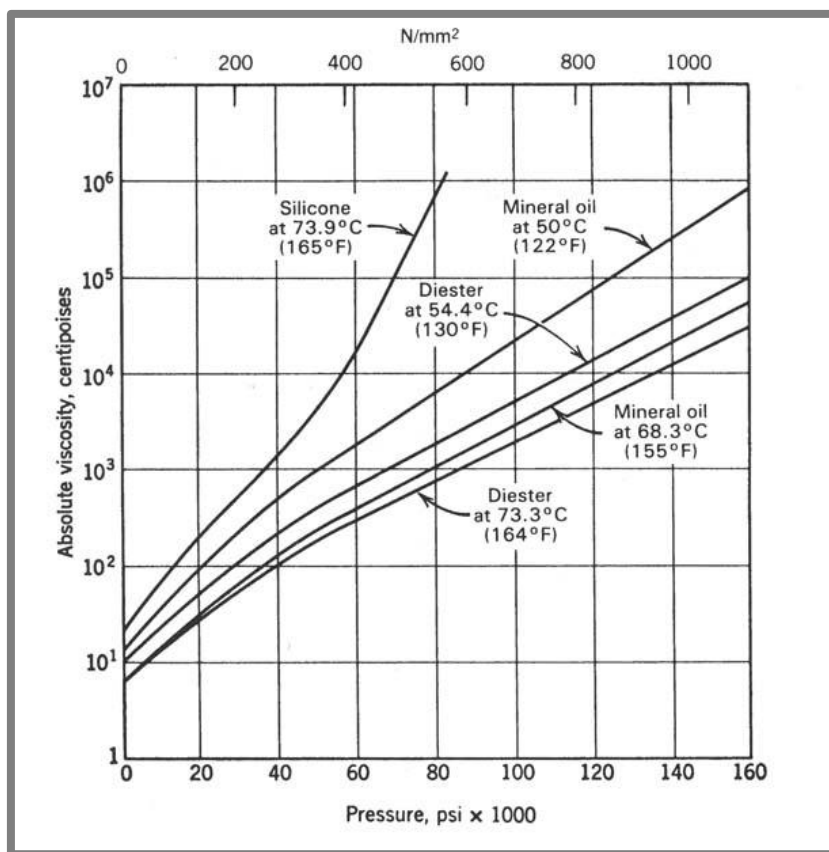
Obr. 5 Viskozita vybraných kapalin a vzduchu v závislosti na teplotě [10]

Změna viskozity s tlakem

S rostoucím tlakem viskozita roste. Nejčastěji je závislost změny viskozity na tlaku vyjádřena Barusovým vztahem [1, 10].

$$\eta = \eta_0 \exp(\alpha p)$$

Kde	η	– je dynamická viskozita [Pa.s]
	η_0	– je dynamická viskozita při nulovém tlaku [Pa.s]
	α	– je tlakový koeficient viskozity pro danou teplotu [-]
	p	– je tlak [Pa]



Obr. 6 Závislost viskozity maziva na tlaku [8]

Vodorovná osa - tlak [psi]

Svislá osa – absolutní (dynamická) viskozita

2.4.2 Tepelná vodivost (schopnost chlazení)

2.4.2

Měrná tepelná vodivost (*schopnost vedení tepla*) se u olejů zvětšuje s klesající hustotou a zmenšuje při vzrůstající teplotě. Oleje nejsou primárně určeny k chlazení, ale v některých aplikacích částečně plní i tuto funkci (spalovací turbíny, vznětové a zážehové motory,...) [1, 9, 12].

2.4.3 Kritéria vymezující teplotní oblasti použití maziv

2.4.3

Veškeré oleje, ať už syntetické nebo minerální, jsou schopny pracovat jen do určitých teplot. Po jejich překročení dochází nejen ke ztrátě vlastností (nedostatečné mazání, zrychlené stárnutí,...), ale často také k reakcím vyloženě nežádoucím (samovznícení,...). Tyto teploty se u jednotlivých olejů liší a jedná se jak o kladné tak záporné [1, 9, 12].

Bod zákalu

V případě, že je olej vystaven nízkým teplotám, začnou se u minerálních olejů vylučovat krystaly uhlovodíků a u syntetických olejů dochází ke ztuhnutí některé ze složek. Tomuto stádiu se říká bod zákalu. Jeho hodnota je nejčastěji uváděna ve °C [1, 9, 12].

Bod tuhnutí

Pokud pokračujeme v ochlazování i po dosažení bodu zákalu, má to za následek převážení tuhých podílů nad kapalnými a těm je tím pádem znemožněn pohyb (olej přestává téct). Toto stádium se nazývá bod tuhnutí. U minerálních olejů se rozpětí mezi bodem zákalu a tuhnutí velice často pohybuje v rozpětí 4 až 8 °C. Bod tuhnutí ale není určujícím mezníkem, kdy olej ztrácí požadované vlastnosti. Tato situace může nastat už při vyšších teplotách (zhruba 10 až 15 °C). Bod tuhnutí je pouze ukazatelem manipulovatelnosti s olejem, jelikož funkční vlastnosti se posuzují dle viskozity při konkrétní teplotě [1, 12].

Bod vzplanutí

Při zvyšování teploty oleje se v prostoru nad ním koncentrují páry, které mohou být hořlavé. Existují normované zkoušky (určení bodu vzplanutí v uzavřeném kelímku metodou Penskyho a Martense, stanovení bodu vzplanutí v otevřeném kelímku metodou Marcussona), které určují dolní mez zápalnosti neboli bod vzplanutí. Činí se tak přiblížením iniciačního plaménku k prostoru, v němž se páry hromadí. Bod vzplanutí je standardně uváděn výrobcí v informačním listu jako číselná hodnota na Celsiově nebo Fahrenheitově stupnici [1, 12].

Bod hoření

Horní mez zápalnosti je definována bodem hoření. Po přiložení plaménku nejenže páry vzplanou, ale po určitou dobu nadále hoří. Stejně jako bod vzplanutí je bod hoření určován laboratorními testy [1, 12].

Bod varu a další mezníky vysokých teplot

Bod varu je mezník, při kterém dochází k přeměně kapalné fáze na plynnou. U olejů se zkoumají i další vlastnosti (*odparnost, tlak par, ...*). Je tomu tak, protože vždy záleží na dané aplikaci a podmínkách touto aplikací vytvářených [1, 12].

2.4.4 Životnost maziv

Většina faktorů ovlivňujících životnost olejů je upravována aditivly, jelikož záměrem je životnost vždy co nejvíce prodloužit, ať už kvůli ekonomickým či spolehlivostním důvodům [1, 12].

Oxidační stálost oleje

Oxidace je reakcí kyslíku (většinou vzdušného) s molekulami oleje. Při navázání atomu kyslíku do olejové molekuly dochází ke změnám vlastností oleje. Oxidace navíc velice dobře probíhá za zvýšených teplot. I další chemické látky, jako například síra (síra je obsažena ve spalínách, například u vznětových motorů), mají negativní vliv na vlastnosti olejů. Zvláštností je, že rychlost oxidace je jiná u směsí a u jednotlivých složek. Z toho vyplývá, že oxidační stálost je konkrétní pro každý olej a není možné ji plošně určit. Délka řetězce uhlovodíku a přítomnost různých inhibitorů mají také vliv na oxidaci. Všeobecně však platí, že oxidaci (tzn. potažmo stárnutí oleje) se snažíme zabránit, ať už různými aditivly nebo úpravou pracovního prostředí (pokud to lze) [1, 9].

Účinek energií

Veškeré energie, které maziva přijmou, se nějakým způsobem projeví. Často způsobují přeměny chemického složení, které mají negativní dopad na stálost oleje. Energie v podobě tepla, světla nebo i radioaktivního záření má často vliv na trhání vazeb v molekulách. Následně produkty chemického rozpadu molekul tvoří různé kaly a usazeniny a tím znehodnocují vlastnosti olejů [1].

Odolnost vůči chemickým látkám

V mnoha průmyslových aplikacích přicházejí oleje do styku s různými chemickými látkami a produkty. Jedná se například o gufera, tlakové hadice a různé chemikálie. Někdy se tento problém řeší speciálními mazivy, ale v ostatních případech je třeba dbát na to, aby oleje s komponenty strojů chemicky nereagovaly. Pokud to není zajištěno, může dojít ke ztrátě funkce oleje, vytvářením nežádoucích chemických sloučenin a poškození jednotlivých dílů stroje [1].

Jiné vlivy

Je mnoho dalších faktorů ovlivňujících životnost maziv. Na každý z nich je třeba se soustředit, pokud se mohou vyskytnout v dané aplikaci, pro kterou olej používáme. Patří mezi ně například vliv elektrických výbojů a elektrického pole, účinek světla a jiné [1].

2.4.5 Stlačitelnost

Stlačitelnost olejů se zmenšuje s rostoucím tlakem a zvětšuje s rostoucí teplotou. Je určena chemickým složením oleje (velikost molekul a síly mezi nimi působící). Stlačitelnost ovlivňuje i mazací schopnost oleje a ve většině aplikací je nežádoucí [1].

2.4.5

2.4.6 Pěnivost

Pěna je olej obsahující rozptýlený plyn (disperze) ve formě malých bublinek vzájemně oddělených tenkou vrstvou oleje. Tento stav zhoršuje tepelnou vodivost, zmenšuje pevnost mazací vrstvy, podporuje oxidační stárnutí, zvětšuje ztráty oleje a v neposlední řadě způsobuje pokles viskozity [1].

2.4.6

2.4.7 Teplotní stálost

Teplotní stálostí je myšlena odolnost proti rozpadu řetězců olejů za zvýšených teplot. Pokud nastane stav, kdy se začnou řetězce rozpadat, oleje ztrácí své vlastnosti. Všeobecně je možné říct, že minerální oleje snášejí vysoké teploty hůře a je třeba jejich teplotní stálost upravovat aditivami. Některé syntetické oleje snesou krátkodobě teplotu i přes 500 °C [1].

2.4.7

2.4.8 Mazivost (mazací účinek) potažmo únosnost mazacího filmu

Jedná se o schopnost oleje *separovat povrch* součástí tím, že vytvoří v oblasti styku s druhou součástí olejový film s co největší únosností (odolností proti protržení). Vytvoření olejového filmu má za následek *snížení tření* a tím pádem zmenšení odporu a ochranu kontaktní plochy před poškozením. Tato vlastnost je velice často upravována vysokotlakými (protioděrovými) aditivami [1, 9, 12].

2.4.8

2.4.9 Povrchové napětí a tvorba emulzí

Emulze (olej – voda) jsou žádoucí v aplikacích, kde je třeba velkého chladicího účinku. Tvoří se pomocí emulgátorů (tenzidy, škrob, dextrin, hydrosilikát), které upravují povrchové napětí buďto vody nebo oleje. Ale převážně je emulze nežádoucí. Její vznik vede ke *zhoršení většiny vlastností* oleje [1, 9, 12].

2.4.10 Další vlastnosti

Conradsonův karbonizační zbytek je ukazatelem náchylnosti oleje k tvorbě uhlíkatých úsad při tepelném namáhání. Určuje se jako množství uhlíkatého zbytku v % hm., který vznikne tepelným rozkladem (při laboratorní zkoušce).

Číslo kyselosti, odparnost, číslo zmýdlení, obsah a schopnost vynášení mechanických nečistot, obsah popela aj. [1, 9]

2.5 Aditiva

Každá aplikace má na olej speciální požadavky. Proto se musí základové oleje upravovat. Mezi metody, které pomáhají dosahovat olejům požadovaných vlastností, patří i přidávání aditiv. Aditiva jsou chemické příměsi, které hrají klíčovou roli ve vlastnostech olejů. Jejich množství se v průmyslových olejích pohybuje od 1 % do 25 %.

2.5.1 Aditiva s povrchovým účinkem

Detergenty – zamezují nečistotám v jejich usazování (například ve spalovacím prostoru) a do jisté míry již usazené nečistoty také rozpouštějí. Také mají pozitivně vliv na přilnutí maziva k mazaným plochám a neutralizují kyselé složky (antioxidační účinek) [5].

Disperzanty – obalí mikroskopické nečistoty a zamezí jejich koncentraci. Tímto způsobem se zabráňuje ucpávání rozvodových kanálků. Jedná se o chemické přísady zaměřené spíše na nižší provozní teploty. Příklady: sukcinimidy, sirné alkylfenoláty [5].

Aditiva (EP – extreme pressure, VT – vysokotlaké přísady) zlepšující odolnost materiálu vůči opotřebení a vysokému tlaku – v místě styku dojde vlivem velkého tlaku ke zvýšení teploty. To má za následek rozložení VT aditiv na látky, které mají mazací účinky. Ty vytvoří v místě dotyku ocelových součástí vrstvu, která zabrání přímému kontaktu dvou stykových ploch (ozubená kola). Příklady: sirné sloučeniny, dithiokarbanáty [5, 9].

Aditiva chránící materiály proti korozi (antikoroďanty) - ochranný film zabráňuje oxidaci na površích kovů. Ta často může být způsobována nejen vzdušným kyslíkem, ale i podpořena agresivními látkami vznikajícími například při spalování v prostoru válce. Příklady: benzthiazol, estery mastných kyselin [5].

2.5.2 Aditiva chránící olej

2.5.2

Aditiva snižující pěnovost - olejová pěna má za následek stárnutí maziva, větší míru oxidace, snadnější stlačitelnost a někdy i únik maziva ze soustavy. Toto jsou samozřejmě nežádoucí jevy, které účinně potlačuje právě přidání aditiv na snížení pěnovosti. Fungují na principu snižování povrchového napětí (praskání bublin). Příklad: polysiloxany [5, 9].

Aditiva zlepšující mazivost (mazivostní přísady) – zlepšují zejména oblast mezního mazání, vytvořením olejového filmu v bodě kontaktu dvou součástí. Příklady: amidy kyselin, mastné kyseliny [5, 9].

Aditiva zpomalující stárnutí (antioxidanty) – jejich přítomnost je vyžadována spíše při činnosti za vyšších teplot, kdy dochází k snazšímu rozkladu uhlovodíků a tím k degradaci maziva. To se projevuje zvýšením viskozity a ztmavnutím oleje. Tyto aditiva neutralizují oxidační činidla [5].

Aditiva neutralizující kovové částice – při vzájemném tření kovů se vydrolují mikroskopické částičky, které působí jako katalyzátory chemických reakcí. Tyto reakce jsou nežádoucí, jelikož přispívají ke stárnutí maziva. Vytvořením obalu okolo těchto částic jsou tyto procesy neutralizovány [5].

2.5.3 Aditiva zlepšující olej

2.5.3

Aditiva zlepšující viskozitu a VI – jedny z nejvyužívanějších aditiv zmenšují závislost viskozity na teplotě. Tím zvětšují teplotní rozsah pro práci maziva. Příklady: polymetakryláty, polystyreny [5].

Aditiva snižující bod tuhnutí (Depresanty) – zabraňují shlukování parafínů a tím účinně posunují bod tuhnutí. To má pozitivní dopad na odpor maziva za nízkých teplot a celkovou kvalitu mazacího filmu. Příklady: polymetakryláty, polyalkylnaftaleny [5].

Aditiva chránící elastomery – zabráněním chemických reakcí, které mají za následek vyplavení změkčovadel obsažených v plastových a gumových dílech, umožňují tyto aditiva, aby těsnící prvky zůstaly déle pružné [5].

Emulgátory a Biocidy – látky podporující vznik emulze (olej – voda, voda – olej). Příklady: soli mastných kyselin, naftenové kyseliny. Biocidy zamezují růstu mikroorganismů v ropných frakcích. Příklad: fenoly [5, 9].

PRŮMYSLOVÉ APLIKACE A OLEJE

U základového oleje známe jeho vlastnosti. Ty většinou nejsou plně dostačující pro danou aplikaci. Proto jsou přidávány aditiva, které zbylé vlastnosti doplní. Následně je olej možné použít.

Postup při volbě oleje v praxi: Aplikace – nároky na olej jí vytvářené – olej. Tato posloupnost bude dodržena i v následujícím členění.

2.6 Oleje pro obrábění a tváření kovů

2.6.1 Oleje pro třískové obrábění

Oleje pro třískové obrábění jsou rozsáhlá skupina, která zahrnuje nejen oleje, ale i emulze a vodné roztoky. V emulzích jsou často používané polyglykoly, které jsou rozpustné ve vodě. Hlavní kritéria, která musí řezná kapalina splňovat, jsou:

- mazací účinek
- schopnost chlazení
- odolnost filmu vůči vysokému tlaku
- vysoký bod vzplanutí

Množství zkoumaných faktorů potažmo velké množství užívaných olejů je způsobeno počtem variant třískového obrábění. Obecně vzato má mazivo vždy stejný účel a to svým mazacím a chladícím účinkem pozitivně ovlivnit danou obráběcí operaci. Toho lze docílit, pokud kapalina zmírní mechanické a tepelné zatížení bříty. Tím pádem prodlouží jeho životnost a pozitivně také ovlivní tvorbu a odvod třísky, která velice zatěžuje čelo nástroje. Ovlivnit obrábění lze ale také negativně [1].

2.6.2 Maziva pro tváření

Tento způsob beztřískového obrábění zahrnuje celou řadu variant od lisování, kování, válcování až po tažení. Všeobecně se dá tvrdit, že se rozlišují procesy studené a teplé, což vede k základnímu rozdělení maziv. Nároky, které jsou na maziva vytvářeny:

- velká únosnost mazacího filmu
- optimální koeficient tření (ne velký kvůli záběru a ne malý kvůli poškození nástroje)
- smáčivost
- dobrý odvod tepla
- teplotní stálost [1, 11]

Maziva pro válcování plechů

Válcování vyžaduje od používané kapaliny především teplotní stálost. Teploty 1315–750 °C pro uhlíkovou ocel, 1200–1100 °C pro nikl nebo 500 °C pro hliník mají za následek, že mohou být použity pouze vodné roztoky mýdel nebo emulze oleje ve vodě. Dává se přednost olejům s malou viskozitou a bez těžkých aromátů. I druh a kvalita *emulgátoru* (látky potřebná pro přípravu emulze) má vliv [1].

Maziva pro tažení trubek, tyčí a drátů

Obecně zde platí, že *mazivo je voleno dle materiálu a operace*. Nejčastěji se užívají ropné oleje a emulze. Někdy se pro tažení používají i přírodní oleje. Například řepkový olej, který je rostlinného původu [1].

Mazivo pro lisování

Pro lisování se užívají oleje s vysokotlakými přísadami a maziva dobře snášející vysoké teploty (v situacích, kdy se lisuje za tepla). Viskozita se u použitých olejů pohybuje okolo hodnoty $50 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ při $50 \text{ }^\circ\text{C}$. Rozsah používaných maziv je široký. Od čistých ropných cyklických olejů s vysokotlakou přísadou v podobě chlorovaného tuhého parafínu nebo přímo příměsí tuhého maziva (grafit, křída, talk, ZnO , MoS_2), až po rostlinné oleje (řepkový) a živočišné (rybí olej). **Maziva pro kování** jsou převážně plastická. Oleje s vysokotlakou přísadou a mýdlové roztoky se dají použít u studeného kování [1].

2.7 Speciální oleje

2.7

Do této skupiny se řadí oleje, které nemají mazání jako svou hlavní funkci. A často také mají velice specifické zaměření.

2.7.1 Elektroizolační oleje

2.7.1

Oleje transformátorové

U transformátorových olejů je kvůli chlazení nejdůležitější *nízká viskozita*. Cirkulace je důsledkem teplejšího oleje u funkčních částí a studenějšího u chladících a obalových a tudíž je samotným chlazením. Viskozita se pohybuje v rozmezí $30\text{--}35 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ při $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Dalším požadavkem je malá hustota (pod $890 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$), hluboká rafinace (následkem je přesná délka řetězce) a čistota oleje. Splnění těchto požadavků zabraňuje rezivění, tvorbě nebezpečných par, působí pozitivně na životnost oleje, životnost izolace transformátoru a na schopnost vedení tepla.

Oleje pro stykače se liší od transformátorových větší teplotní stabilitou [1].

Kabelové oleje

Viskozita oleje se mění v závislosti na druhu a využití, ale olej musí mít vždy malé dielektrické ztráty, menší permitivitu, vysokou plynovou a elektrickou oxidační stálost, pevnost a v neposlední řadě velký měrný elektrický odpor [1].

2.7.2 Oleje kalící a popouštěcí

2.7.2

Tepelné zpracování ocelí ve formě kalení je nejčastější způsob úpravy a provádí se především pomocí olejů. Od těch jsou vyžadovány vysoké *body vzplanutí a varu*. Žádoucí jsou i dobré *oxidační vlastnosti*. Do oleje se navíc přidávají přísady, které zvětšují chladicí účinek a tím dochází k lepšímu prokalení. **Popouštěcí oleje** mají navíc dobrou teplotní stálost [1].

2.7.3 Konzervační oleje

2.7.3

Kvalita konzervačních olejů se pozná především podle doby účinkování. Mezi požadované vlastnosti se řadí především oxidační stálost, odolnost vůči vodě, ekologická odbouratelnost a velkou roli při výběru hraje i cena [1].

2.7.4 Jiné speciální oleje

2.7.4

Mezi ně patří například tlumičové oleje, oleje pro přenos tepla, vazelinové („bílé“) oleje (medicínální a technické), oleje formové, oleje pro vzduchové filtry, oleje k uvolňování rzi, oleje k napouštění šroubů, oleje v agrotechnice, oleje pro maštění

textilních vláken, oleje pro výplach turbín, speciální oleje v průmyslu kaučuku a plastů a mnoho dalších.

2.8 Oleje ložiskové (strojní)

„Ložiskové“ je zažité označení, které v dnešní době úplně neodpovídá využití těchto olejů. S rozvojem oběhových mazacích soustav musí oleje zajišťovat mazání více různorodým aplikacím. Mezi ně se řadí nejen kluzná ložiska, ale i převody, kluzná vedení a v některých případech zastávají i funkci hydraulických kapalin. S vícečetným využitím je spjat velký rozsah vlastností strojních olejů. Důraz je kladen na *oxidační stálost*, *vyšší VI a bod tuhnutí*. Nejdůležitější však je *viskozita*, protože podle zatížení ložiska, jeho obvodové rychlosti a rozměrů, se její hodnota široce mění [1].

2.8.1 Oleje vřetenové

Speciální skupina určená k mazání vřeten obráběcích strojů. Protože přesnost uložení má veliký vliv na kvalitu povrchu obrobku, je třeba, aby bylo co nejpřesnější. Tenký *olejový film* mohou účinně tvořit pouze oleje s malou *viskozitou*. Vřetena obráběcích strojů navíc dosahují relativně vysokých obvodových rychlostí. Tyto nároky zapřičiňují potřebu nejkvalitnějších olejů a mnohdy navíc přidání *mazivostních, protipěnovostních a rezivění zabraňujících přísad* [1].

2.8.2 Oleje pro elektromotory

Požadavky elektromotorů na olej jsou především *nevodivost, oxidační stálost, protikorozní vlastnosti a co nejmenší schopnost vztlínání*, kvůli izolačním materiálům. Další požadavky záleží na konkrétním typu a způsobu využití elektromotoru [1].

2.8.3 Oleje pro kluzná vedení

Na tyto oleje nejsou kladeny žádné zvláštní nároky až do chvíle, kdy rychlost posunu nedosahuje $100 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Pod touto hranicí mizí vliv viskozity a dochází k přerušování mazacího filmu. Koeficient tření se zvyšuje, dochází k přidření a následnému trhavému pohybu. Tomuto lze zabránit buďto přívodem oleje pod tlakem (přímo mezi třecí plochy) nebo speciálním olejem s mazivostní přísadou. Do těchto speciálních olejů se navíc přidávají přísady zmenšující odstřík a zvětšující smáčivost [1].

2.8.4 Oleje pro ložiska válcovacích stolic

Dříve bylo zmíněno, jak vysoké nároky jsou kladeny na oleje při válcování plechů. Obdobně vysoké jsou i nároky na oleje, které kolují v ložiskách válcovacích stolic. Ložiska přesných rozměrů a malých tolerancí jsou vystavována velkému zatížení a extrémním nárazům. Oleje v této aplikaci musí *odvádět teplo, zmenšovat tření, nesmí pěnít, nesmí emulgovat, musí mít vysoký VI, dobrou oxidační stálost, inhibitor koroze, vysokotlaké přísady* a také se musí rychle odlučovat od vody [1].

2.9 Převodové oleje

2.9

Převodové oleje se dělí na automobilové, letecké a průmyslové. Toto jsou tři největší skupiny. Všechny tyto skupiny mají určité základní požadavky, které jsou pro všechny stejné. Jde totiž převážně o mazání ozubených soukolí.

Mezi hlavní nároky kladené na olej tedy patří zmenšovat opotřebení zubů, mazat ložiska, chránit povrchy jak zubů, tak i ložisek nejen při provozu, ale i mimo něj, zmenšovat chvění soukolí, odplavovat nečistoty, zabránovat poškození zubů, odvádět třecí teplo vzniklé při činnosti, zmenšovat hlučnost soukolí a tlumit rázy zubů převodového soukolí. Pro splnění těchto požadavků musí oleje mít:

- únosnost mazacího filmu ve styku dvou zubů
- vysoký VI
- oxidační stálost
- schopnost odlučovat vodu
- malá pěnivost
- antikorozi účinky
- chemická kompatibilita [1]

2.9.1 Převodové oleje automobilové, letecké, průmyslové

2.9.1

Automobilové oleje se dělí na více menších skupin v závislosti na typu převodů: čelní včetně šroubových, hypoidní, šnekové, kuželové.

Hypoidní převody vytváří na oleje největší nároky a proto se do maziv pro tyto převody přidává nejvíce aditiv a výhradně se jedná o oleje III. skupiny (tab. 2) nebo syntetické.

Letecké oleje jsou takřka výhradně syntetické s nejvyšší kvalitou. Je to dáno velkým zatížením a co nejmenší náplní z důvodů hmotnosti.

Průmyslové převody se dělí na otevřené a uzavřené. **Otevřené** kladou na mazivo menší nároky kvůli své robustnosti, větším tolerancím a pomaloběžnosti. Zvětšené nároky kladou v *přilnavosti, odlučování vody a odolnosti vůči nečistotám*. Pro zkvalitnění se používají přísady: grafit nebo MoS_2 (zvyšují únosnost mazacího filmu), latex nebo různá mýdla (zvyšují tažnost a přilnavost). U převodů **uzavřených** se nároky na mazivo zvyšují a základní dělení se provádí dle viskozitní charakteristiky. Důležitá charakteristika je také únosnost mazacího filmu a teplotní rozsah. Olej by také neměl nadměrně korodovat měď, ale měl by mít dobrou termooxidační stálost a deemulgační schopnosti [1].

2.9.2 Další převodové oleje

2.9.2

Oleje k mazání řetězových převodů

Viskozita je zde základním faktorem pro volbu oleje. Většinou se jedná o běžné minerální oleje. Aditiva se užívají jen u velmi zatížených převodů.

Oleje k mazání třecích spojek a převodů

Lamelové spojky se kvůli snížení opotřebení a zamezení ohřevu mažou i přesto, že následkem je snížení účinnosti. Použitý olej musí mít *malou viskozitu a dobrou oxidační stálost*. Převodovky s lamelovými řetězy kladou obrovské nároky na protioděrové schopnosti oleje a jeho oxidační stálost.

Oleje k mazání pohybových šroubů a ozubených tyčí

Je nutné užívat oleje s větší únosností mazacího filmu a s určitou minimální viskozitou. Je to dáno velkým zatížením a malými pracovními rychlostmi.

Oleje k mazání ocelových lan

Korozi a opotřebení je nutno zabraňovat nejen na povrchu lana, ale i v jeho duši. Proto musí mít použité oleje schopnost dobře *pronikat kapilárami* a navíc se požaduje dobrá elasticita.

2.10 Hydraulické oleje

Vzhledem k četným výhodám hydraulických převodů (pohonů) je jejich neustálé rozšiřování v průmyslových aplikacích nevyhnutelné. Mezi výhody patří znásobení tlaku, přesnost a spolehlivost regulace, menší rozměry, jednoduché obrácení chodu, dálkové řízení, plynulejší změna otáček a jiné. Prvotní dělení hydraulických olejů spočívá v jejich užití pro hydrostatický nebo hydrodynamický převod. Konstrukce, pracovní podmínky a výkon jsou dalšími faktory ovlivňujícími druh oleje. Všeobecné nároky kladené na hydraulické oleje jsou:

- malá stlačitelnost
- teplotní stálost
- malá pěnivost
- vysoký VI [1]

2.10.1 Oleje pro hydrostatické převody

Tyto oleje jsou vystaveny velkému hydrostatickému tlaku. *Viskozita* je stěžejní, protože čím je větší, tím zlepšuje těsnící a mazací schopnost oleje, ale negativními faktory jsou zvětšení vnitřního tření, zpomalení rychlosti reakce soustavy, zvětšení tlakového spádu, ztráta výkonu, zvětšení teploty a větší nároky na čerpadlo.

Pokud soustava pracuje v prostředí, kde není udržována stálá teplota, pak je třeba věnovat pozornost i VI, aby byla zajištěna čerpatelnost při nízkých teplotách, ale i mazací funkce při teplotách vysokých. Proto se užívají aditiva na zvýšení VI a již základové oleje musí být kvalitní s vysokým VI. Také závislost viskozity na tlaku je brána v potaz, protože tlak v soustavě není vždy konstantní. Nejhlavnější vlastností hydraulických olejů je *stlačitelnost*. Ta musí být co možná *nejmenší*. Zásadní vliv na stlačitelnost má obsah plynů rozpuštěných v kapalině. Aditivy, ale také vhodnou konstrukcí oběhové soustavy, je omezován obsah plynů v oleji na minimum. Na stlačitelnost má pochopitelně vliv i změna hustoty oleje v závislosti na změně tlaku. Tyto věci mají vliv nejen na účinnost soustavy, ale také na životnost jednotlivých dílů (čerpadlo – problém kavitační eroze). Pokud se nejedná o emulzi, tak nežádoucí je i voda v oleji [1].

Brzdové kapaliny

Rozmezí pracovních teplot brzdových kapalin se pohybuje v řádu několika set stupňů. I za těchto podmínek si musí zachovat dobrou tekutost a malou stlačitelnost. Mezi další požadavky patří neutralita k pryži a oxidační stálost [1].

2.10.2 Oleje pro hydrodynamické převody

Na kapalinu v hydrodynamickém převodu působí malý a konstantní tlak, ale pohybová energie dosahuje velkých hodnot a je velice proměnlivá. Protože olej zastává mnoho funkcí (*pohonné médium přenášející sílu, hydraulické médium, mazivo, modifikátor tření a chladicí médium*) jsou na jeho kvalitu kladeny velké

požadavky. Oleje pro hydrodynamické převody patří mezi *nejkomplexnější a nejkvalitnější* oleje vůbec. V podstatě vždycky se jedná o oleje syntetické [1].

2.11 Motorové oleje

2.11

Motorové oleje se řadí mezi *nejkomplexnější a nejkvalitnější* vůbec. Příčinou jsou vysoké nároky. Tato skupina je také nejvíce známá „laické“ veřejnosti a tvoří velikou a dosti lukrativní část olej zpracovávajícího průmyslu. Na oleje jsou kladeny tyto požadavky:

- mazací schopnost a to i v případě mezního mazání a teplot přesahujících 250°C
- dobré reologické vlastnosti (tekutost) i za teplot pod bodem mrazu
- dostatečná viskozita a velký VI
- výborná oxidační a teplotní stálost
- zamezení tvorby kyselých kalů
- malá odparnost
- konzervace ploch v době, kdy motor není v chodu
- odvod tepla [1]

2.11.1 Oleje pro čtyřdobé spalovací motory

2.11.1

U naftových (vznětových) motorů jsou zvětšeny nejen nároky na neutralizační a detergentní schopnosti oleje, ale i na teplotní stálost. Pro koncového uživatele je velice podstatná také výměnná lhůta oleje. Záměrem je tedy lhůtu neustále prodlužovat, ale ne na úkor vlastností oleje.

Viskozita motorového oleje musí být dostatečně velká, aby bylo zabráněno prolínání přes pístní kroužky do spalovacího prostoru a zajištěno dostatečné mazání hlavních ložisek. Zároveň nesmí být příliš vysoká, kvůli čerpatelnosti za nízkých teplot a odporu při startování. VI navíc musí být vysoký, kvůli zachování dané viskozity i za ztížených pracovních podmínek.

Únosnost mazacího filmu je zásadní pro bezporuchový chod motoru. Například na pístních kroužcích nastává často i mezní mazání a při malé únosnosti filmu následně dochází k zadírání.

Odparnost oleje má veliký vliv na jeho spotřebu a úzce souvisí s bodem vzplanutí [1].

2.11.2 Oleje pro dvoudobé benzínové motory

2.11.2

Princip přimíchávání oleje do paliva a jeho následné spalování klade na mazivo speciální nároky ohledně tvoření karbonových usazenin. Bylo zjištěno, že optimální hodnoty viskozity se pohybují v rozmezí od 50 do 110 mm².s⁻¹ při 50 °C. Velmi pozitivní vliv na kvalitu mazání má vysoký VI [1].

2.11.3 Oleje pro naftové lodní a drážní motory

2.11.3

Zvláštní požadavky jsou zejména kladeny na schopnost neutralizace kyselých korozních spalin, kvůli užívání méně kvalitních paliv s větším obsahem síry, teplotní stálost a prodloužené intervaly výměn. Dále u lodních motorů deemulgační schopnost a antikorozní vlastnosti [1].

2.12 Letecké oleje

2.12.1 Oleje pro letecké pístové motory

Vysoká pracovní teplota a velké teplotní rozmezí spolu se skutečností, že část oleje se vyskytuje ve formě olejové mlhy. To vše vytváří, společně s velkými tlaky na olejový film ve valivých ložiskách, vysoké nároky na kvalitu oleje. Je vyžadována velká teplotní a oxidační stálost, velký VI, malá pěnivost a odparnost [1].

2.12.2 Oleje pro proudové motory

Tato skupina obsahuje jak mazací oleje, tak oleje převodové a hydraulické. Tyto oleje jsou vystaveny vysokým teplotám a velkým tlakům. Navíc olejové náplně bývají, kvůli váze letadla, co nejmenší a o to více je olej namáhán.

Mazací oleje v leteckém průmyslu se vyznačují velkou teplotní a oxidační stálostí, dostatečně velkou viskozitou, malou pěnivostí, kompatibilitou s těsnicími materiály, vysokými body vzplanutí a samovznícení, nízkým bodem tuhnutí a vysokým VI.

Hydraulické oleje bývají vystavovány vysokým teplotám a jsou stejně jako mazací převážně syntetické [1].

2.13 Kompresorové oleje

Podle konstrukce a funkce se stroje pro expanzi, stlačování a dopravu plynů dělí na mnoho skupin. Na mazací požadavky to však nemá příliš vliv. Oleje se dělí podle plynu, s kterým dané zařízení pracuje a označují se v návaznosti na to jako oleje pro vzduchové a plynové kompresory, chladicí kompresory a oleje pro vývěvové a pneumatické stroje. Mezi všeobecné nároky kompresorů patří:

- teplotní stálost
- oxidační stálost
- vysoký VI
- nevytvářet emulzi s pracovní látkou [1]

2.13.1 Oleje pro plynové a vzduchové kompresory

Olej musí vždy mazat všechny potřebné části. Nejproblematictější jsou stěny válce kvůli vysokým teplotám a vysokým tlakům, které mohou vytlačit mazací vrstvu a může tak dojít k zadření. Olej také musí být odolný vůči oxidaci za tepla a měl by odlučovat vlhkost kvůli zvýšené kondenzaci vody. Pokud stlačujeme průmyslové plyny, musíme dbát na to, aby nemohlo dojít k reakci například kyslíku s ropnými oleji. Proto se pro mazání kompresorů pracujících s aktivními plyny užívá nejruznějších maziv (chlor – kyselina sírová, kysličník siřičitý – bílé oleje) [1].

2.13.2 Oleje pro chladicí kompresory

Jako v předchozích aplikacích je třeba zajistit mazání ventilů, válce, ložisek a těsnících kroužků. Hlavní pozornost je třeba věnovat reakci chladiva a použitého oleje. Chladivo by nemělo být rozpustné v oleji, a pokud je, měl by si olej zachovat dostatečnou viskozitu. Olej dále musí mít dobrou teplotní a termooxidační stálost, dobře odvádět teplo, nevytvářet úsady ani kaly a vylučování parafinů by nemělo probíhat ani za velmi nízkých teplot [1].

2.13.3 Vývěvové oleje

2.13.3

Speciální požadavky kladou na odpařování. Stupeň vakua je přímo závislý na množství odpařených podílů [1].

2.14 Turbínové oleje

2.14

Tato kapitola zahrnuje další turbíny (kromě turbín leteckých). U turbín pak jde o jednotlivé části, zejména převody a ložiska.

Parní turbíny kladou vysoké nároky na životnost oleje, protože je snahou dosáhnout stejné životnosti náplně jako má samotná turbína. Často dochází i k tvorbě nebezpečných plynných směsí, dále jsou v oleji přísady proti rezivění a vysokotlaké přísady.

Oleje pro vodní turbíny mají podobné vlastnosti jako oleje parních turbín s tím rozdílem, že je třeba větší viskozity a nižšího bodu tuhnutí [1].

3 DISKUZE

V problematice přehledu průmyslových olejů se student bez patřičných zkušeností může jen těžko orientovat. Je třeba vzít v potaz nepřeborné množství aplikací a také to, že nové aplikace neustále vznikají. Také vývoj již klasických průmyslových aplikací (odvětví) je neustále na vzestupu a jsou objevovány nové skutečnosti související s mazivy, které upravují požadavky na jednotlivé vlastnosti olejů. Na to výrobci rychle reagují a vyvíjejí nová maziva.

Z těchto důvodů v podstatě není možné vytvořit příručku, která by platila více jak pár let. Jedinou možností by bylo zavést elektronickou databázi, kde by mohli výrobci a uživatelé (nejlépe špičky ve svém oboru) neustále doplňovat a aktualizovat jednotlivé kategorie maziv. Tato databáze by však musela být pod dozorem nezávislého odborného úřadu, aby bylo zabráněno výskytu reklamy a nepodloženým informacím.

V dnešní době je pro konkrétní průmyslovou aplikaci třeba volit olej obezřetně. Nestačí znát dokonale pouze požadavky dané aplikace na mazivo, protože na první pohled těmto požadavkům vyhovuje spousta olejů na trhu. Je nutností dávat pozor na užití normy, věnovat zvýšenou pozornost značení užitkových hodnot a případně problematiku konzultovat s odborníky.

4 ZÁVĚR

Cílem práce bylo podat ucelený přehled průmyslových olejů a jejich vlastností. Úvod obsahoval přehled základových olejů a vlastností, podle kterých se oleje dají posuzovat a dělit. Stručně byla zmíněna aditiva, pomocí kterých se dosahuje konkrétních vlastností a prodlužuje se životnost oleje. Hlavní náplní práce bylo vytvořit široký průřez průmyslovými aplikacemi a vyjmenovat požadavky, které tyto aplikace na oleje vytvářejí, tím pádem je navzájem odlišují a mají za následek různorodost olejů. Podle těchto požadavků je možné přibližně určit druh oleje, který je třeba pro konkrétní aplikaci použít.

Nebylo možné zmínit veškeré speciální aplikace, ani do detailu popsat klasické aplikace. Každá by totiž vystačila na samostatnou podrobnější práci.

Výstupem je základní přehled olejů, který je čtenáři zprostředkován pomocí soupisu klasických průmyslových aplikací a jejich základních požadavků. To umožňuje proniknutí do užší skupiny olejů a následnou přesnou volbu.

5 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

VI	– viskozitní index
τ [Pa]	– smykové napětí
v [m.s ⁻¹]	– rychlost
y [m]	– vzdálenost
D [s ⁻¹]	– rychlostní gradient nebo smykový spád
η [Pa.s]	– dynamická viskozita nebo prostě viskozita
ϱ [kg.m ⁻³]	– hustota
ν [m ² .s ⁻¹]	– kinematická viskozita
η_0 [Pa.s]	– dynamická viskozita při nulovém tlaku
α [-]	– tlakový koeficient viskozity
p [Pa]	– tlak
$hm.$	– hmotnost
°C	– stupeň Celsia
%	– procenta
$I \dots V$	– římské číslice
[psi]	– Libra síly na čtverečný palec
VT	– vysokotlaká (přísada)

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

6

- [1] ŠTĚPINA, Václav a Václav VESELÝ. *Maziva a speciální oleje: (základy tribotechniky)*. 1. vyd. Bratislava: Veda, 1980, 688 s.
- [2] *Oleje.cz: Zakladove-oleje* [online]. [cit. 2015-05-16]. Dostupné z: <http://www.oleje.cz/clanek/Zakladove-oleje>
- [3] STENDHAL,,. 1976. AutoExpert: časopis profesionálů v autoopravárenství : technika - autodílna - obchod [online]. Praha: Odeon [cit. 2015-03-12]. ISBN 1211-2380. ISSN 1211 – 2380. Dostupné z: <http://www.autopress.cz/?page=33.kdyz-se-rekne-zakladove-oleje>
- [4] Syntetický olej. 2001-. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2015-05-16]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Syntetický_olej
- [5] *Oleje.cz: Aditiva do maziv* [online]. [cit. 2015-05-16]. Dostupné z: http://www.oleje.cz/clanek/Aditiva_do_maziv
- [6] *Ropoweb: Zpracování ropy* [online]. [cit. 2015-05-16]. Dostupné z: <http://ropoweb.xf.cz/postup.html>
- [7] Destilace ropy. 2001-. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2015-05-16]. Dostupné z: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/71/Crude_Oil_Distillation-cz.svg
- [8] *TRIBOLOGIE: Přednáška 7*. Dostupné také z: <http://old.uk.fme.vutbr.cz/kestazeni/tribologie/prednasky/prednaska7.pdf>
- [9] BLAŽEK, Josef a Vratislav RÁBL. 2006. *Základy zpracování a využití ropy*. 2., přepr. vyd. Praha: VŠCHT, 254 s. ISBN 80-708-0619-2.
- [10] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R MISCHKE a Richard G BUDYNAS. 2010. *Konstruování strojních součástí*. 1. vyd. Editor Martin Hartl, Miloš Vlk. Brno: VUTUM, 1159 s. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [11] TOLLRIAN, Z. *Maziva využívaná v technologii tváření*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 28 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Miroslav Šlais.
- [12] ING. DANIEL MAXA, PH.D., (ed.). *Petroleum.cz* [online]. Technická 5 166 28 Praha 6 - Dejvice [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <http://www.petroleum.cz/index.aspx>

7 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 1 Tvorba průmyslového oleje	16
Obr. 2 Rafinace ropy	17
Obr. 3 Zpracování olejového destilátu na různé mazací prostředky	18
Obr. 4 Rychlostní gradient	21
Obr. 5 Viskozita vybraných kapalin a vzduchu v závislosti na teplotě	22
Obr. 6 Závislost viskozity maziva na tlaku	23

8 SEZNAM TABULEK

8

Tab. 1 Délka řetězců jednotlivých frakcí	17
Tab. 2 Rozdělení základových olejů do skupin dle kvality	19

